ChinaXiv合作期刊

干旱区地理
ARID LAND GEOGRAPHY

人与自然和谐共生新格局下评估干旱区林果业生产的生态功能价值
——以新疆南疆地区为例

蒋桂容[1,2]， 覃建雄[3]

（1. 西南民族大学经济学院，四川 成都 610041；2. 塔里木大学经济与管理学院，新疆 阿拉尔 843300；
3. 西南民族大学旅游与历史文化学院，四川 成都 610041）

摘 要：量化评估干旱区林果业生产的生态功能价值，可以使人们尤其是林果种植户更充分认识林果业生产在改善当地生态环境方面的作用和效果，促使其生产决策时不只考虑经济因素，还更注重生态因素，实现环境保护、林果经济发展和种植户增收协同增效。以干旱区新疆南疆地区为例，运用影子工程法、造林成本法、机会成本法和成本替代法测算林果业生产所提供的各项生态功能价值。结果表明：(1) 南疆地区总的生态功能价值从2003年的41.22×10⁸~45.11×10⁸元增长至2018年的110.86×10⁸~121.05×10⁸元，2010年达最高水平141.02×10⁸元；就具体生态功能价值而言，固碳释氧>保护生物多样性>保育土壤>涵养水源>净化环境；各地州林果业生产总的生态功能价值排序固定不变(2003年除外)，即喀什地区>阿克苏地区>巴音郭楞蒙古自治州>和田地区>克孜勒苏柯尔克孜自治州；克孜勒苏柯尔克孜自治州与喀什地区发展趋势相似，波动幅度大且与整体发展趋势最接近；和田地区以11.10%增幅稳定增长。(2) 由于种植规模的不稳定性，南疆地区林果业生产总的生态功能价值水平波动发展，于2010年达最高水平后呈现出下降趋势。(3) 对于集干旱、风沙于一体的地区，林果种植在净化环境和涵养水源方面的作用持续性强、意义更深远。建议政府大力宣传林果种植的生态效益并制定生态林果生产支持政策，以部分补贴林果种植户；同时，考虑空间邻近效应，各地州要统一合理规划林果业生产布局。

关 键 词：林果业；生态功能价值；干旱区；新疆南疆
文章编号：

chinaXiv:202210.00163v1

习近平总书记出席2021年领导人气候峰会时指出，“保护生态环境就是保护生产力，改善生态环境就是发展生产力；要摒弃损害甚至破坏生态环境的发展模式，摒弃以牺牲环境换取一时发展的短视做法；要探索保护环境和发展经济、创造就业、消除贫困的协同增效”[1]。其本质内涵就是，生态环境是可持续经济发展的根本，不能因短期经济利益而损害甚至破坏生态环境，要做到经济、社会发展和环境保护协同增效。乡村振兴战略提出后，全国林果业种植规模扩张。作为农业重要组成部分的林果业，与农业一样具有经济、社会和生态功能。即，生产过程不仅提供产品、解决就业，而且还净化空气、涵养水源、保护生物多样性等[2]。由于林果业生产所提供的生态功能服务属于公共产品范畴，目前，不能完全依靠市场价格进行衡量；所以，实际生产中林果种植户和相关部门过于关注林果业生产所创造的经济价值，而忽视了其隐蔽性的生态价值，以致林果业生产的生态功能价值并未完全体现出来。文中林果业生产的生态功能价值是指林果业生态系统服务的调节和支持服务价值，不包括林果业生态系统提供的林果、树木等物质产品经济价值以及游憩、娱乐、文化等服务的社会价值。

收稿日期：2021-11-04； **修订日期**：2022-04-21
基金项目：国家社会科学基金项目(19XJY009)资助
作者简介：蒋桂容(1978-)，女，博士，副教授，主要从事农业与环境经济研究. E-mail: 1184446048@qq.com
通讯作者：覃建雄(1967-)，男，博士生导师，教授，主要从事农业与环境经济、旅游地理学研究. E-mail: jx-qin@vip.163.com

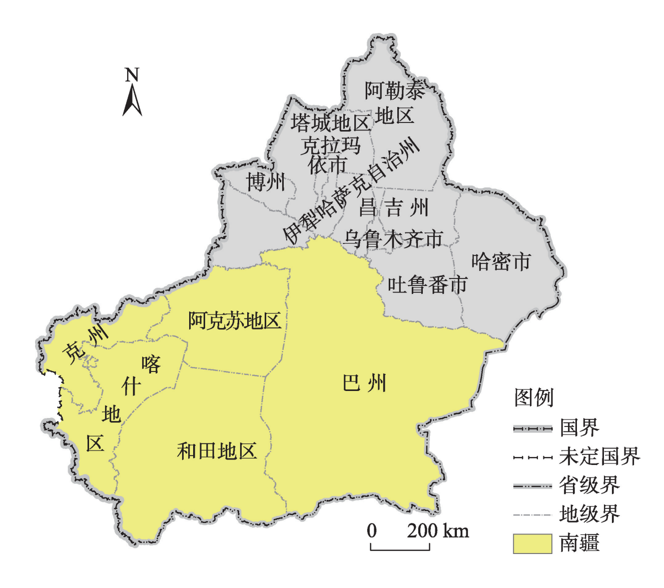
ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:202210.00163v1

学术界多数学者对农业生态系统服务价值进行了币值化度量，但是关注对象主要集中于草地、森林以及耕地，对林果业的研究较少，尤其是针对生态脆弱的干旱区研究则更是鲜见。已有研究主要通过当量因子法[3]、功能价值法[4]和模型计算法[5]3类方法评估草地服务功能价值，具体表现为产品经济价值、涵养水源价值、气体调节价值、有机物质生产价值、水土保持价值、生物多样性保护价值和生态旅游价值等[4-8]。一些学者基于"三功能"论构建森林的经济、生态和社会功能评价体系[9-10]和采用国际上比较成熟的旅行成本法、分类估价法和替代成本法[11]评估特定区域森林的经济功能价值、生态功能价值(涵养水源、水土保持、固碳释氧和净化空气)[11-12]和社会功能价值(就业增收、景观游憩)[11]。对于耕地，学者主要关注其生态系统服务价值测算[13-15]、生态功能价值评价与农户耕地保护的驱动因素[16]和激励性政策保护[17-18]。极少数学者对半湿润及湿润地区经济林生态系统服务价值进行了评估[19-21]，鲜见对干旱区的研究。在乡村振兴承载生态文明转型的新时代背景下，量化评估生态环境脆弱的干旱区林果业生产的生态功能价值，对重新全面认识和界定林果业地位以及在气候调节、生态环境保护方面的作用具有重要的现实和理论意义。基于此，本文以较具代表性干旱区新疆南疆地区为研究对象，运用影子工程法等方法评估林果业生产的生态功能价值，以期让公众特别是林果种植户了解林果种植对当地生态环境方面的效用，促使他们在生产决策时不只考虑经济因素，还要注重生态因素；也为政府制定生态林果生产支持政策补偿林果种植户提供参考，尤其是在市场失灵时，可以弥补种植户部分损失，确保林果业合理种植规模，以正常水平甚至更高水平发挥林果业生产在保护生态环境方面的作用。这对干旱区实现林果产业兴旺、稳定增加果农收入和持续改善地区生态环境的协同效应意义重大；同时，丰富了干旱区林果业多功能价值尤其是生态功能价值研究。

1　研究区概况

我国境内的天山山脉将新疆分为南、北两部分，天山以南为南疆。南疆属典型的暖温带极端干旱荒漠性气候，干燥少雨，年均降水量20~100 mm，年均蒸发量超2000 mm；年平均气温10~13 ℃，年日照时间达2500~3500 h，是全国日照时间最长地区；年均沙尘暴天气20 d左右、扬沙90余天、浮尘100余天，风沙肆虐频繁，沙尘暴强度大。南疆区域范围包括巴音郭楞蒙古自治州(简称巴州)、克孜勒苏柯尔克孜自治州(简称克州)、喀什地区、和田地区及阿克苏地区(图1)。



注：该图基于国家测绘地理信息局标准地图服务网站下载的审图号为GS(2021)5448号的标准地图制作，底图边界无修改。巴州是指巴音郭楞蒙古自治州；克州是指克孜勒苏柯尔克孜自治州；博州是指博尔塔拉蒙古自治州；昌吉州是指昌吉回族自治州。下同。

图1　研究区位置

Fig. 1　Location of the study area

新疆是全国林果主产区，南疆地区林果种植规模占新疆林果种植面积65%以上，是中国重要的特色林果基地。其中，地处82°63′~93°75′E、35°63′~43°60′N间的巴州，其首府库尔勒市是全国著名品牌"库尔勒香梨"产源地；位于新疆中部，地处78°05′~84°12′E、39°50′~42°68′N间的阿克苏地区盛产苹果和核桃，其首府阿克苏市的"冰糖心"苹果远近闻名；位于欧亚大陆中部，地处71°65′~79°87′E、35°47′~40°27′N间的喀什地区，其管辖地叶城县是全国闻名的"石榴之乡"。2003—2010年是南疆地区林果种植规模快速扩大期，平均每年以4.21×10^4 hm^{2}规模增加，于2010年达到64.95×10^4 hm^2，创历史最高水平；此后4 a间呈缓慢下降趋势。2015年南疆地区开始扩大核桃种植规模，于2018年达到37.23×10^4 hm^2；水果种植面积略有下降，2018年为57.20×10^4 hm^2。

ChinaXiv合作期刊

南疆地区林果业是国家科技重点扶持发展产业。国家林业局于2017年实施《新疆南疆林果业发展科技支撑行动方案》,加快提升了林果业发展水平。现今,南疆地区林果种植户35%~50%收入来自林果产品销售,林果业发展已成为促进种植户增收和农村经济发展的重要途径。

2 数据与方法

2.1 统计口径

按《中国农业百科全书·果树卷》对果业的定义"开发利用可提供干鲜果品的多年生木本或草本果树,并进行大规模商品生产的种植业,是农业生产的组成部分"[22]。本文林果业是指园林种植且多年生的木本果树,属于农业生产系统中的种植业子系统。统计口径包括水果和干果,不包括甜瓜和西瓜等瓜果类;统计数据不包括新疆生产建设兵团。

2.2 数据来源

本文林果统计数据和气象数据来自《新疆统计年鉴》《阿克苏统计年鉴》《巴音郭楞统计年鉴》《喀什统计年鉴》《和田统计年鉴》《克孜勒苏统计年鉴》;其他数据主要参考国家行业标准LY/T1721-2008和SL190-2007等。

2.3 研究方法

学术界一种观点认为,农业生态功能价值包括农业生产所提供的涵养水源、保育土壤、固碳释氧、净化环境和保护生物多样性5项功能价值[10-12,16,23-27];另一观点则是,农业生态功能价值的范畴除以上5项功能价值外,还包括农业向人们提供休憩、娱乐、文化等服务价值[2-8,28]。鉴于联合国千年生态系统评估把农业及其森林的休闲、游憩、体验、娱乐等功能定义为文化功能[29],同时,农业"三功能"论则把农业所提供的文化功能归入社会功能范畴,因此,本文林果业生产的生态功能价值包括保育土壤、涵养水源、固碳释氧、净化环境和保护生物多样性5项功能价值。以下计算公式中,U_i为林果种植产生的各项生态功能价值(元);A为林果种植面积(hm²)。

2.3.1 涵养水源 林果业生产的涵养水源功能主要包括调节水量、净化水质和调节地表径流量等。由于新疆南疆雨少蒸发量大的气候特点,加之果园地面平整。因此,本文忽略了地表径流量,其功能价值主要体现为调节水量和净化水质两方面[26]。

$$U_{涵养水源}=U_{调节水量}+U_{净化水质}=10A(P-E)\times(C_{库}+K) \tag{1}$$

式中:P为年降水量(mm);E为年蒸发量(mm),通常为P的比重(全国森林E为P的30%~80%,平均值为56%)[7],鉴于南疆地区特殊气候环境,E取最大值;$C_{库}$为水库建设单位库容投资成本(2005年为6.1107元·m^{-3})[28],结合报告期物价指数进行修正;K为水的净化费用,以2007年全国大中城市居民用水价格的平均值2.09元·t^{-1}替代[28]。

2.3.2 保育土壤 林果业生产的保育土壤功能主要体现在减少土壤侵蚀和保持土壤肥力。减少土壤侵蚀量用潜在与现实土壤侵蚀量之差来代表[7],其功能价值用通用土壤流失方程[30]进行测算。

$$U_{保育土壤}=A(X_2-X_1)\times24\%\times C_{土}/\rho+\sum_{i=1}^{n}A(X_2-X_1)\times C_i\times R_i\times P_i \tag{2}$$

式中:$C_{土}$为单位土方挖掘成本(12.60元·m^{-3})[28];X_2为无林地年均土壤侵蚀模数,取值280~630 t·hm^{-2}[28,31-32];X_1为林地年均土壤侵蚀模数(28.20 t·hm^{-2})[33-34];ρ为林地土壤容重(1.49 t·m^{-3})[7];n为果园土壤中氮(N)、磷(P)、钾(K)和有机质4种营养元素种类数量;C_i为4种营养元素的含量,分别取值$C_N=0.00395\%$、$C_P=0.00186\%$、$C_K=0.01404\%$和$C_{有机质}=0.95900\%$[30,35-37];R_i为N、P、K和有机质4种营养元素转换为尿素、过磷酸钙和氯化钾等肥料及碳的比率,依次为2.17、8.33、2.22和0.58[30];P_i为肥料和有机质价格,其中尿素为2400元·t^{-1},过磷酸钙为2400元·t^{-1},氯化钾为2200元·t^{-1},有机质为320元·t^{-1}[28,30,38-39]。

2.3.3 固碳释氧 林果业生产的固碳释氧功能突出表现为林果树木以及树下植被和土壤通过光合作用与呼吸作用实现碳汇固定、向大气中释放氧气,以达到调节生物圈中二氧化碳和氧气的相对平衡的作用[24];其价值是林果业生产在固碳释氧功能中作用的量化。

$$U_{固碳释氧}=U_{固碳}+U_{释氧}=(1.63R_{碳}AB_{年}+AF_{土壤})\times C_{碳}+1.19AB_{年}C_{氧} \tag{3}$$

式中:$R_{碳}$为二氧化碳中碳的含量(27.27%);$B_{年}$为果树年净生产力(7.76 t·hm^{-2})[40-41];$F_{土壤}$为单位面积果园土壤的年固碳量(0.2 t·hm^{-2})[42];$C_{碳}$为固碳价

chinaXiv:202210.00163v1

ChinaXiv合作期刊

格(元·t^{-1}),2010—2035年固碳成本为74美元·t^{-1}[43],根据报告期汇率换算成人民币；$C_{氧}$ 为林果种植释放氧气的价格,以工业制氧价格1000元·t^{-1}替代[28]。

2.3.4 *净化环境* 林果业生产的净化环境功能主要包括提供负离子、吸收污染物和截留粉尘。本文测算其价值就是量化林果生产吸收二氧化硫和氟化物以及截留粉尘的作用。

$$U_{净化环境} = U_{二氧化硫} + U_{氟化物} + U_{阻滞降尘} = A\left(Q_{二氧化硫}K_{二氧化硫} + Q_{氟化物}K_{氟化物} + Q_{阻滞降尘}K_{阻滞降尘}\right) \quad (4)$$

式中：Q 为单位林果面积吸收各污染物容量,其中,$Q_{二氧化硫}$ =152.13 kg·hm^{-2}[41], $Q_{氟化物}$ =3.58 kg·hm^{-2}[11], $Q_{阻滞降尘}$ =21.655 kg·hm^{-2}[26]；K 为各污染物治理费用(2003年 $K_{二氧化硫}$ =1200元·t^{-1}、$K_{氟化物}$ =690元·t^{-1}、$K_{阻滞降尘}$ =150元·t^{-1})[28],结合报告期物价指数进行修正。

2.3.5 *保护生物多样性* 林果业生产的生物多样性功能是指它为生物物种提供生存和繁殖的场所[27],本文测算其价值就是量化林果业生产增加生物多样性和控制生物量的作用。

$$U_{生物多样性} = U_{增加生物} + U_{控制生物} = A\left(C_{损} + C_{支}\right) + AC_{防} \quad (5)$$

式中：$C_{损}$ 为采伐林果树木造成生物多样性价值损失(3200元·hm^{-2})[44]；$C_{支}$ 为公众维护生物多样性的支付意愿(896元·hm^{-2})[44]；$C_{防}$ 为果园地年均防护治理费用(1995年为3.57元·hm^{-2})[28,45],结合报告期物价指数进行修正。

3 结果与分析

运用式(1)~(5)对南疆地区林果业生产的生态功能价值进行测算,并从各项生态功能尺度、地州尺度和综合尺度对测算结果进行分析。

3.1 各项生态功能尺度

从表1中总的生态功能价值水平(潜在模数取最大值)来看,2003—2018年南疆地区林果业生产的生态功能价值整体呈现出先上升再下降发展态势。具体如下：

(1) 2003—2010年增长阶段。生态功能价值由2003年的45.11×10^8元增长至2010年141.02×10^8元,创历年来最高水平。年环比增长速度由2004年的18.49%增长至2005年的27.04%,除2009年环比增长速度只有6.42%外,2006—2010年其余年份增长速度维持在21.47%~25.56%。

(2) 2011—2018年波动发展,整体呈下降发展趋势。这期间,林果业生态功能价值水平从2011年的130.98×10^8元下降到2018年的121.05×10^8元,其中2011、2013、2014年和2017年生态功能价值水平年增长率为负值。

表1 2003—2018年南疆地区林果业生产的生态功能价值

Tab. 1 Ecological function value of fruit plantation in southern Xinjiang during 2003—2018 /10^8元

年份	涵养水源	固碳释氧	净化环境	保护生物多样性	保育土壤		合计	
					潜在模数取最小值	潜在模数取最大值	潜在模数取最小值	潜在模数取最大值
2003	4.08	24.91	0.41	8.96	2.85	6.74	41.22	45.11
2004	3.35	30.41	0.52	10.94	3.48	8.23	48.70	53.45
2005	5.18	38.07	0.65	13.70	4.36	10.31	61.95	67.90
2006	3.68	39.65	0.69	14.27	4.54	10.73	62.81	69.01
2007	2.77	49.15	0.90	17.69	5.63	13.31	76.14	83.82
2008	6.19	60.20	1.19	21.66	6.89	16.30	96.13	105.54
2009	4.59	65.27	1.30	23.49	7.47	17.67	102.12	112.32
2010	18.80	74.01	1.53	26.64	8.47	20.04	129.46	141.02
2011	8.99	73.82	1.62	26.57	8.45	19.99	119.45	130.98
2012	14.49	75.23	1.71	27.08	8.61	20.37	127.13	138.88
2013	12.71	69.68	1.65	25.08	7.98	18.87	117.10	127.99
2014	9.34	68.23	1.65	24.56	7.81	18.47	111.59	122.25
2015	9.63	68.94	1.68	24.82	7.89	18.67	112.97	123.74
2016	14.72	69.86	1.72	25.15	8.00	18.92	119.46	130.37
2017	13.01	65.21	1.64	23.47	7.47	17.66	110.81	121.00
2018	13.04	65.21	1.68	23.48	7.47	17.66	110.86	121.05

chinaXiv:202210.00163v1

ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:202210.00163v1

潜在模数取最小值时，各项生态功能价值（表1）除2004、2006—2009年涵养水源价值略小于保育土壤价值外，其余年份各项生态功能价值水平排序固定，即固碳释氧>保护生物多样性>涵养水源>保育土壤>净化环境；若潜在模数取最大值，各项生态功能价值排序固定不变，即固碳释氧>保护生物多样性>保育土壤>涵养水源>净化环境。虽然各项功能价值排序几乎没有变化，但各项功能价值占比有较小幅度变化。其中，涵养水源价值由2003年的4.08×10^{8}元增长至2018年的13.04×10^{8}元，增幅达219.61%；占比由2003年的9.05%增长至2018年的10.77%。固碳释氧价值由2003年的24.91×10^{8}元增长至2018年的65.21×10^{8}元，增幅达161.78%；占比由2003年的55.22%下降至2018年的53.87%。净化环境价值由2003年的0.41×10^{8}元增长至2018年的1.68×10^{8}元，增幅达309.76%；占比由2003年的0.91%增长至2018年的1.38%。保育土壤价值由2003年的6.74×10^{8}元增长至2018年的17.66×10^{8}元，增幅达162.06%；占比均保持在14.00%水平。保护生物多样性价值由2003年的8.96×10^{8}元增长至2018年的23.48×10^{8}元，增幅达162.06%；其占比减少约0.40%。

3.2 地州尺度

南疆各地州林果业生产的生态功能价值（表2）显示，若潜在模数取最大值，除2003年喀什地区与阿克苏地区生态功能价值基本持平外，其余年份各地州排序固定，即喀什地区>阿克苏地区>巴州>和田地区>克州。其中，喀什地区与5个地州总的生态功能价值发展趋势最接近，从2003年的13.03×10^{8}元增长至2010年最大值65.63×10^{8}元，此后波动发展，整体呈下降趋势，于2018年下降至45.00×10^{8}元。阿克苏地区从2003年到2013年一直持续增长，年均增幅达12.97%，于2013年达到最大值43.41×10^{8}元，此后一直下降至2018年32.00×10^{8}元。巴州发展水平与和田地区比较接近，其发展趋势也比较相似；巴州于2016年达到最大值23.40×10^{8}元，比2003年增加14.28×10^{8}元；和田地区除2011年有小幅减少外，其他年份一直呈缓慢增长态势，于2017年达到最大值19.22×10^{8}元，年均增幅为11.10%。一直以来，克州林果业种植规模最小，其产生的生态功能价值水平也最低，2012年最大值也只有7.25×10^{8}元。

从南疆各地州林果业生产的生态功能价值占比（图2）来看，潜在模数取最大值时2018年与2003

表2 2003—2018年南疆各地州林果业生产的生态功能价值

Tab. 2 Ecological function value of fruit plantation in each prefecture of southern Xinjiang during 2003—2018 /10^{8}元

年份	巴州		阿克苏地区		克州		喀什地区		和田地区	
	潜在模数取最小值	潜在模数取最大值	潜在模数取最小值	潜在模数取最大值	潜在模数取最小值	潜在模数取最大值	潜在模数取最小值	潜在模数取最大值	潜在模数取最小值	潜在模数取最大值
2003	8.31	9.12	11.99	13.10	2.13	2.31	11.91	13.03	6.87	7.54
2004	9.65	10.63	14.51	15.92	2.47	2.70	14.76	16.16	7.31	8.04
2005	11.80	12.96	16.10	17.65	2.64	2.87	22.97	25.16	8.44	9.26
2006	12.72	13.97	19.27	21.16	2.62	2.87	20.12	22.11	8.08	8.90
2007	13.00	14.30	21.94	24.17	2.66	2.91	30.14	33.17	8.41	9.27
2008	14.23	15.62	26.18	28.73	2.86	3.13	43.88	48.18	8.97	9.88
2009	14.52	15.98	28.75	31.65	3.93	4.32	45.11	49.56	9.81	10.81
2010	15.51	17.05	35.79	39.01	5.74	6.22	60.42	65.63	11.99	13.11
2011	16.56	18.26	37.15	40.73	5.40	5.89	48.57	53.13	11.76	12.97
2012	20.05	21.87	37.65	41.23	6.67	7.25	49.31	53.81	13.45	14.73
2013	19.59	21.51	39.98	43.41	4.18	4.57	40.82	44.74	12.53	13.76
2014	19.27	21.18	33.92	36.95	4.61	5.04	39.05	42.87	14.74	16.21
2015	20.12	21.99	32.45	35.46	4.52	4.96	40.00	43.88	15.87	17.45
2016	21.50	23.40	29.70	32.64	4.85	5.29	46.92	50.94	16.49	18.10
2017	20.18	22.07	28.20	30.89	3.49	3.78	41.37	45.03	17.57	19.22
2018	19.75	21.64	29.31	32.00	3.21	3.50	41.34	45.00	17.26	18.91

注：巴州是指巴音郭楞蒙古自治州；克州是指克孜勒苏柯尔克孜自治州。

ChinaXiv合作期刊

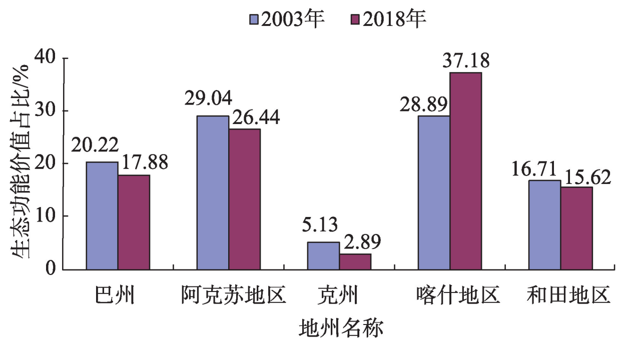


图2　2003年和2018年南疆各地州林果业生产的生态功能价值占比

Fig. 2　Propotion of ecological function value of fruit plantation in each prefecture of southern Xinjiang in 2003 and 2018

年相比，巴州、阿克苏地区、克州以及和田地区林果业生产的生态功能价值占比都在下降，只有喀什地区林果业种植的生态功能价值占比增长近9.00%。

3.3　综合尺度

从总的生态功能价值方面来看，巴州与和田地区的发展变化趋势比较接近（图3a~b）。克州与喀什地区的发展变化趋势比较一致，发展波动幅度接近，是南疆地区中发展波动幅度最大的2个地州（图3c~d）。相比克州和喀什地区，阿克苏地区发展趋势相对简单一些，其主要经历上升再下降阶段（图3e）。

整体来看（图3），除涵养水源功能外，其余4项功能价值在各地州历年排序相同且固定不变，即喀什地区>阿克苏地区>巴州>和田地区>克州。就涵养水源功能价值而言，克州发展趋势相对比较平稳，和田地区次之；2010年之前，克州、和田地区和巴州发展水平基本持平，之后，巴州发展水平远高于其他2个地州且波动较大；和田地区从2015年开始明显高于克州，并平稳增加；喀什地区发展水平从2009年的2.54×10^8元增长至2010年的10.64×10^8

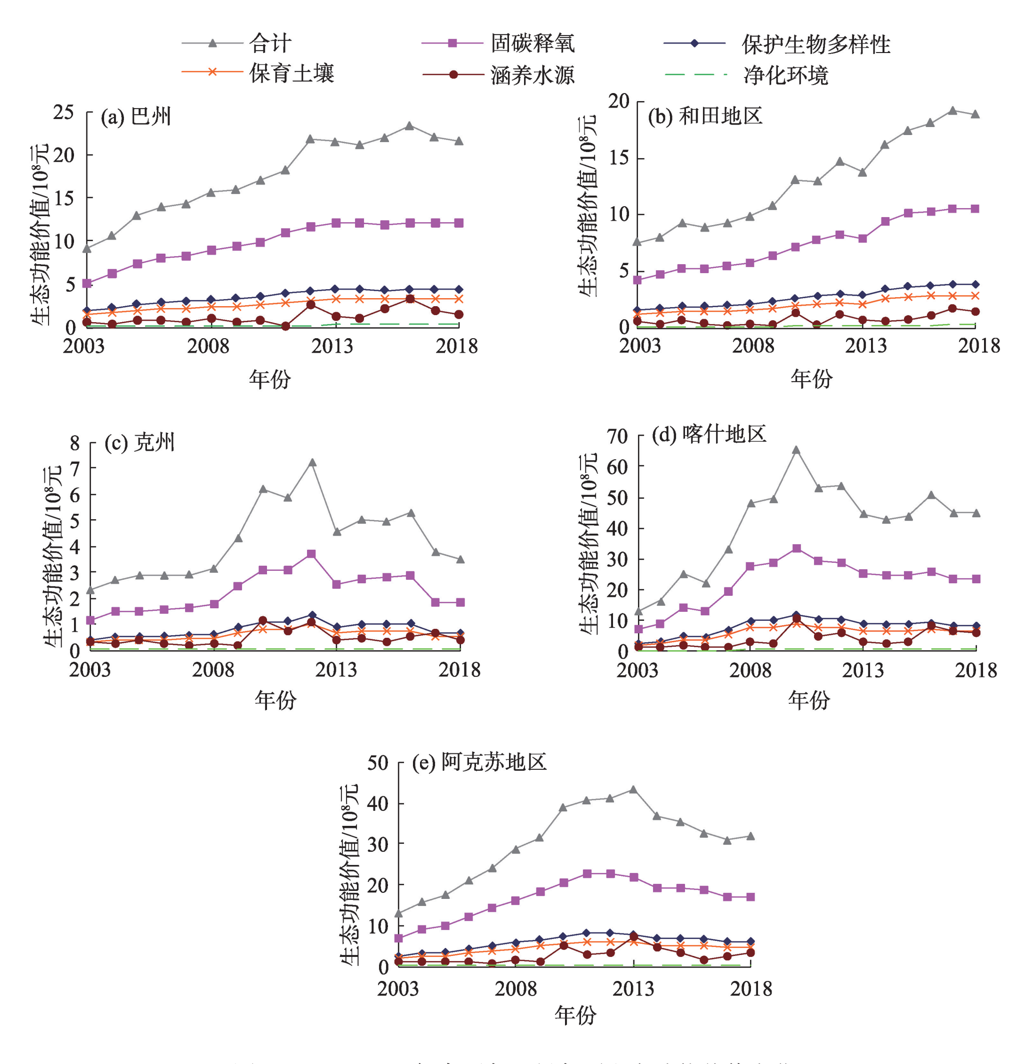


图3　2003—2018年南疆各地州各项生态功能价值变化

Fig. 3　Changes of each ecological function value in each prefecture of southern Xinjiang during 2003—2018

chinaXiv:202210.00163v1

ChinaXiv合作期刊

元，比阿克苏地区高出5.68×10⁸元；阿克苏地区发展波动幅度大，由2011年的2.85×10⁸元增长至2013年的7.16×10⁸元，此后几乎直线式下降至2016年的1.53×10⁸元。

4 讨论

林果业生产对气候调节和环境保护具有重要作用，对干旱区而言，其作用更为突出。从2018年与2003年各项生态功能价值水平对比得出，净化环境和涵养水源这2项功能价值的增长幅度最大，也是其占比唯一增加的2项。降水量是影响涵养水源功能价值水平高低的重要因素，反之，当地林果种植规模的减少一定程度上又会影响当地及邻近地州来年的雨水量。所以，地区政府应采取多种措施积极宣传林果种植产生的生态效益，尤其是对干旱地区水源涵养方面的持续作用和深远意义。

一直以来，克州林果业种植规模最小，但是其生态功能价值水平发展波动幅度大，变化趋势与最大规模的喀什地区相似；相比克州和喀什地区，阿克苏地区发展相对简单，呈先上升再下降态势；巴州与和田地区的发展变化趋势比较接近。可见，各地州林果种植的生态功能价值水平发展趋势除了与该地州林果种植规模有关外，还与空间地理位置有关，一定程度上受邻近地州林果种植所产生的生态效益影响。因此，各地州政府应本着稳定林果业发展以持续改善南疆地区生态环境为出发点，统一合理规划林果业生产布局。

2010年南疆地区林果业生产的生态功能价值达最大水平141.02×10⁸元，此后波动发展，整体呈下降趋势。究其原因，2006年林果市场价格指数达118.6，创历史新高；此后，林果种植面积以年平均43%的速度增加，于2010年达64.95×10⁴ hm²。林果种植规模迅速扩张导致林果产量急剧增加，加之，林果市场销售渠道有限，2011年之后林果市场价格一度下跌，以致出现增产不增收的局面，林果种植面积开始减少，影响其改善地区生态环境的效果。建议政府制定生态林果生产支持政策，以部分补偿林果种植户；尤其是市场失灵时，稳定林果业种植规模、确保林果种植持续发挥保护生态环境的作用，促进林果产业兴旺、环境保护与种植户增收协同增效。

本文相关价格指数结合报告期物价指数进行了修正，估算出的林果业生产的单位面积生态功能价值比林业[11]和耕地[16]单位面积生态功能价值略高；林果业生产总的生态功能价值远高于林果产品所带来的直接经济价值[46]。但是由于其统计值未包含难以币值化度量的防风固沙等自然灾害防护所产生的价值，其估算结果还是低于实际值。

5 结论

本文以干旱区新疆南疆地区为例，运用影子工程法等方法测算了2003—2018年研究区林果业生产所产生的生态功能价值，并分析其动态发展变化趋势，得出以下结论：

（1）历年各项生态功能价值水平排序固定不变，即固碳释氧>保护生物多样性>保育土壤>涵养水源>净化环境；2018年与2003年相比，只有涵养水源和净化环境2项功能价值占比增加。

（2）除2003年外，各地州生态功能价值水平排序为：喀什地区>阿克苏地区>巴州>和田地区>克州；其中喀什地区与5个地州总的生态功能价值发展趋势最接近，克州与喀什地区发展变化趋势相似，阿克苏地区主要经历上升再下降发展阶段，巴州与和田地区的发展变化趋势比较接近。

（3）南疆地区林果业生产的生态功能价值从2003年的45.11×10⁸元增长至2010年的最高水平141.02×10⁸元；此后轻微波动发展变化，整体呈下降趋势。

林果种植所产生的生态功能价值巨大，在水源涵养和环境净化方面的作用持续性强。林果种植所产生的生态功能价值水平波动发展，除了受不稳定的林果种植规模影响外，一定程度上还受邻近地州林果种植的影响。本着稳定林果业发展以持续改善地区生态环境为出发点，建议各地州政府统一合理规划林果业生产布局；多渠道积极宣传林果种植所产生的生态效益，并制定生态林果生产支持政策，以部分补贴林果种植户，确保林果种植以稳定或更高水平发挥保护生态环境的作用，促进林果产业发展、种植户增收和地区生态环境改善协同增效。

参考文献(References)

[1] 人民日报社. 习近平出席领导人气候峰会并发表重要讲话[N]. 人民日报, 2021-04-23(01). [People's Daily. Xi Jinping attended leaders' climate summit and delivered an important speech[N].

chinaXiv:202210.00163v1

ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:202210.00163v1

People's Daily, 2021-04-23(01).]

[2] Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). Multifunctionality: The policy implications[M]. Paris: OECD Publications, 2003: 21-22.

[3] 谢高地, 张钇锂, 鲁春霞, 等. 中国自然草地生态系统服务价值[J]. 自然资源学报, 2001, 16(1): 47-53. [Xie Gaodi, Zhang Yili, Lu Chunxia, et al. Study on valuation of rangeland ecosystem services of China[J]. Journal of Natural Resources, 2001, 16(1): 47-53.]

[4] 闵庆文, 刘寿东, 杨霞. 内蒙古典型草原生态系统服务功能价值评估研究[J]. 草地学报, 2004, 12(3): 165-169, 175. [Min Qingwen, Liu Shoudong, Yang Xia. Evaluation of the ecosystem services of the Inner Mongolia steppe[J]. Acta Agrestia Sinica, 2004, 12(3): 165-169, 175.]

[5] 姜立鹏, 覃志豪, 谢雯, 等. 中国草地生态系统服务功能价值遥感估算研究[J]. 自然资源学报, 2007, 22(2): 161-170. [Jiang Lipeng, Qin Zhihao, Xie Wen, et al. Estimation of grassland ecosystem services value of China using remote sensing data[J]. Journal of Natural Resources, 2007, 22(2): 161-170.]

[6] 赵同谦, 欧阳志云, 郑华, 等. 草地生态系统服务功能分析及其评价指标体系[J]. 生态学杂志, 2004, 23(6): 155-160. [Zhao Tongqian, Ouyang Zhiyun, Zheng Hua, et al. Analyses on grassland ecosystem services and its indexes for assessment[J]. Chinese Journal of Ecology, 2004, 23(6): 155-160.]

[7] 欧阳志云, 王如松, 赵景柱. 生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J]. 应用生态学报, 1999, 10(5): 635-640. [Ouyang Zhiyun, Wang Rusong, Zhao Jingzhu. Ecosystem services and their economic valuation[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 1999, 10(5): 635-640.]

[8] 杨倩, 孟广涛, 谷丽萍, 等. 草地生态系统服务价值评估研究综述[J]. 生态科学, 2021, 40(2): 210-217. [Yang Qian, Meng Guangtao, Gu Liping, et al. A review on the methods of assessment for the service of grassland ecosystem[J]. Ecological Science, 2021, 40(2): 210-217.]

[9] 陈仲新, 张新时. 中国生态系统效益的价值[J]. 科学通报, 2000, 45(1): 17-22. [Chen Zhongxin, Zhang Xinshi. The value of ecosystem benefits in China[J]. Chinese Science Bulletin, 2000, 45(1): 17-22.]

[10] 陈丽鸿, 王琦, 杨玉红, 等. 基于"三大功能"的多功能林业评价体系构建——以亚太森林恢复与可持续管理网络项目为例[J]. 林业经济, 2015, 37(7): 99-102. [Chen Lihong, Wang Qi, Yang Yuhong, et al. Construction of multi-functional forestry evaluation system based on "three functions": A case study of the Asia-Pacific forest restoration and sustainable management network project [J]. Forestry Economics, 2015, 37(7): 99-102.]

[11] 伍国勇. 林业多功能货币价值测度研究——以贵州省丹寨县为例[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(34): 17159-17161. [Wu Guoyong. Measurement on monetary value of forestry multifunction: A case of Danzhai County, Guizhou Province, China[J]. Journal of Anhui Agriculture Sciences, 2009, 37(34): 17159-17161.]

[12] 王霓虹, 高萌, 李丹, 等. 森林多功能效益评价方法与理论的探讨[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(8): 2371-2373. [Wang Nihong, Gao Meng, Li Dan, et al. Method and theory of forest multifunctional benefit evaluation[J]. Journal of Anhui Agriculture Sciences, 2014, 42(8): 2371-2373.]

[13] 杨志新, 郑大玮, 文化. 北京郊区农田生态系统服务功能价值的评估研究[J]. 自然资源学报, 2005, 20(4): 564-571. [Yang Zhixin, Zheng Dawei, Wen Hua. Studies on service value evaluation of agricultural ecosystem in Beijing region[J]. Journal of Natural Resources, 2005, 20(4): 564-571.]

[14] 邢晓露, 郭岚, 杨梅焕, 等. 低山丘陵区县域生态用地演变及生态服务价值响应[J]. 农业资源与环境学报, 2021, 38(5): 900-908. [Xing Xiaolu, Guo Lan, Yang Meihuan, et al. Evolution of ecological land use in low-mountain and hilly areas and response to ecological service value[J]. Journal of Agricultural Resources and Environment, 2021, 38(5): 900-908.]

[15] 安斯文, 马彩虹, 袁倩颖, 等. 生态移民区"三生"用地变化对生态系统服务的影响——以宁夏红寺堡区为例[J]. 干旱区地理, 2021, 44(6): 1836-1846. [An Siwen, Ma Caihong, Yuan Qianying, et al. Effects of "ecological-production-living" land changes on ecosystem services in ecological migration area: A case of Hongsibu District in Ningxia[J]. Arid Land Geography, 2021, 44(6): 1836-1846.]

[16] 宋静雪, 周忠学. 关中平原典型村落农业转型对生态系统服务的影响研究[J]. 干旱区地理, 2020, 43(3): 807-819. [Song Jingxue, Zhou Zhongxue. Impact of agricultural transformation of typical villages in Guanzhong Plain on agro-ecosystem services[J]. Arid Land Geography, 2020, 43(3): 807-819.]

[17] 张俊峰, 贺三维, 张光宏, 等. 流域耕地生态盈亏、空间外溢与财政转移——基于长江经济带的实证分析[J]. 农业经济问题, 2020(12): 120-132. [Zhang Junfeng, He Sanwei, Zhang Guanghong, et al. Ecological benefit, spatial spillover and fiscal transfer of farmland in watershed: Evidence from the Yangtze River economic belt[J]. Issues in Agricultural Economy, 2020(12): 120-132.]

[18] 曹志宏, 郝晋珉, 梁流涛. 黄淮海地区耕地资源价值核算[J]. 干旱区资源与环境, 2009, 23(9): 5-10. [Cao Zhihong, Hao Jinmin, Liang Liutao. The value accounting of cultivated land resources in Huang-Huai-Hai Region[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2009, 23(9): 5-10.]

[19] 丁杰, 李少宁, 鲁绍伟, 等. 北京市常见经济林水分利用及固碳释氧功能[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(18): 130-133. [Ding Jie, Li Shaoning, Lu Shaowei, et al. Water use, carbon sequestration and oxygen release of common economic forest in Beijing[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2017, 45(18): 130-133.]

[20] 田志会, 刘瑞涵. 北京山区果园生态系统气体调节服务及其经济价值估算——以北京市平谷区果园为例[J]. 生态经济, 2014,

ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:202210.00163v1

30(11): 165-169. [Tian Zhihui, Liu Ruihan. The eco-economic value of gas regulation service of orchard ecosystems in Beijing mountainous area: A case study of orchard in Pinggu District of Beijing[J]. Ecological Economy, 2014, 30(11): 165-169.]

[21] 陈菁, 吴端旺. 果园生态系统服务价值评估——以莆田市为例[J]. 应用生态学报, 2011, 22(9): 2399-2404. [Chen Jing, Wu Duanwang. Service value assessment of orchard ecosystem: A case of Putian City of Fujian[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2011, 22(9): 2399-2404.]

[22] 熊刚初. 中国水果供需总量平衡分析及预测[D]. 武汉: 华中农业大学, 2003. [Xiong Gangchu. Analysis and forecast of quantum balance between China's fruit supply and demand[D]. Wuhan: Central China Agriculture University, 2003.]

[23] 欧阳志云, 林亦晴, 宋昌素. 生态系统生产总值(GEP)核算研究——以浙江省丽水市为例[J]. 环境与可持续发展, 2020, 45(6): 80-85. [Ouyang Zhiyun, Lin Yiqing, Song Changsu. Research on gross ecosystem product (GEP): Case study of Lishui City, Zhejiang Province[J]. Environment and Sustainable Development, 2020, 45(6): 80-85.]

[24] 王效科, 杨宁, 吴凡, 等. 生态效益及其评价: I.生态效益及其特性[J]. 生态学报, 2019, 39(15): 1-9. [Wang Xiaoke, Yang Ning, Wu Fan, et al. Ecological benefit and its evaluation: I. Ecological benefit and its characteristics[J]. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(15): 1-9.]

[25] 罗其友, 高明杰, 陶陶. 农业功能统筹战略问题[J]. 中国农业资源与区划, 2003, 24(6): 25-29. [Luo Qiyou, Gao Mingjie, Tao Tao. Strategic issue for unified planning of agriculture function[J]. Journal of China Agricultural Resources and Regional Planning, 2003, 24(6): 25-29.]

[26] 张德成, 李智勇, 白冬艳. 多功能林业规划模型[M]. 北京: 科学出版社, 2013: 91-92. [Zhang Decheng, Li Zhiyong, Bai Dongyan. Multiple functional forestry planning models[M]. Beijing: Science Press, 2013: 91-92.]

[27] 周镕基, 吴思斌, 皮修平. 农业生产正外部性环境价值评估及其提升研究——以湖南省为例[J].农业现代化研究, 2017, 38(3): 383-388. [Zhou Rongji, Wu Sibin, Pi Xiuping. The environmental valuation and promotion of agricultural positive externalities: A case study of Hunan Province[J]. Research of Agricultural Modernization, 2017, 38(3): 383-388.]

[28] LY/T1721-2008. 中华人民共和国林业行业标准: 森林生态系统服务功能评估规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008. [LY/T1721-2008. Forestry Industry Standard of the People's Republic of China: Specification for assessment of forest ecosystem services in China[S]. Beijing: China Quality and Standards Publish & Media CO. LTD., 2008.]

[29] Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human well-being: A framework of assessment (Millennium ecosystem assessment series)[M]. Washington DC: Island Press, 2003: 120-130.

[30] 马国霞, 於方, 王金南, 等. 中国2015年陆地生态系统生产总值核算研究[J]. 中国环境科学, 2017, 37(4): 1474-1482. [Ma Guoxia, Yu Fang, Wang Jinnan, et al. Measuring gross ecosystem product (GEP) of 2015 for terrestrial ecosystems in China[J]. China Environmental Science, 2017, 37(4): 1474-1482.]

[31] 吴月照, 祁黄雄. 南疆土壤侵蚀及生态环境研究[J]. 水土保持研究, 2001, 8(2): 13-17, 34. [Wu Yuezhao, Qi Huangxiong. Research on soil erosion and environment of south Xinjiang[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2001, 8(2): 13-17, 34.]

[32] 张伟. 基于遥感的土壤风蚀模型研究与应用——以新疆兵团农一师为例[D]. 北京: 北京林业大学, 2012. [Zhang Wei. Research and application on wind erosion model based on remote sensing: Taking the First Agriculture Division Reclamation Area of Xinjiang Production and Construction as an example[D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2012.]

[33] 曹月娥, 张婷婷, 杨建军, 等. 准东地区不同土地利用类型土壤粒度特征分析及风蚀量估算[J]. 新疆大学学报(自然科学学版), 2017, 34(2): 140-145. [Cao Yue'e, Zhang Tingting, Yang Jianjun, et al. Grain sizes analysis and estimation on wind erosion amount in different land-use types of Zhundong area[J]. Journal of Xinjiang University (Natural Science Edition), 2017, 34(2): 140-145.]

[34] SL190-2007. 中华人民共和国水利行业标准: 土壤侵蚀模分类分级标[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008. [SL190-2007. Water Resources Industry's Standard of the People's Republic of China: Standards for classification and gradation of soil erosion[S]. Beijing: China Quality and Standards Publish & Media CO. LTD., 2008.]

[35] 田立文, 祁永春, 戴路, 等. 新疆南疆耕地土壤养分含量及其分布特征评价——以阿克苏地区为例[J]. 核农学报, 2020, 34(1): 214-223. [Tian Liwen, Qi Yongchun, Dai Lu, et al. Evaluation of soil nutrient content and its distribution of cultivated land in south of Xinjiang: Taking Aksu Prefecture as an example[J]. Journal of Nuclear Agriculture Sciences, 2020, 34(1): 214-223.]

[36] 吴湘琳, 王治国, 陈署晃. 新疆叶城县果园土壤大量元素养分含量、分级及培肥[J]. 新疆农业科学, 2018, 55(3): 496-501. [Wu Xianglin, Wang Zhiguo, Chen Shuhuang. Hierarchical study on nutrient contents of macroelements and fertilization measures in orchard soil in Yecheng County, Xinjiang[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2018, 55(3): 496-501.]

[37] 赖宁, 陈署晃, 付彦博, 等. 基于GIS的南疆果园土壤肥力评价[J]. 新疆农业科学, 2019, 56(8): 1476-1486. [Lai Ning, Chen Shuhuang, Fu Yanbo, et al. Soil fertility evaluation of orchards in southern of Xinjiang based on GIS[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2019, 56(8): 1476-1486.]

[38] 国家发改委. 全国农产品成本收益资料汇编[M]. 北京: 中国统计出版社, 2016: 43-50. [National Development and Reform Commission. National agricultural product cost-income data compilation[M]. Beijing: China Statistics Press, 2016: 43-50.]

ChinaXiv合作期刊

[39] 中国化肥网. 全国化肥平均价格[EB/OL]. [2021-01-25]. http://www.fert.cn/11002/. [Network of Chinese fertilizer. The average price of national fertilizer[EB/OL]. [2021-01-25]. http://www.fert.cn/11002/.]

[40] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究[J]. 生态学报, 1999, 19(5): 607-613. [Ouyang Zhiyun, Wang Xiaoke, Miao Hong. A primary study on Chinese terrestrial ecosystem services and their ecological-economic values[J]. Acta Ecologica Sinica, 1999, 19(5): 607-613.]

[41] 秦珊, 熊黑钢, 徐长春, 等. 新疆陆地生态系统服务功能及生态效益的估算[J]. 新疆大学学报(自然科学版), 2004, 21(1): 38-44. [Qin San, Xiong Heigang, Xu Changchun, et al. Xinjiang terrestrial ecosystem services and rough estimate on their ecological-economic values[J]. Journal of Xinjiang University (Natural Science Edition), 2004, 21(1): 38-44.]

[42] Lal R. Soil management and restoration for C sequestration to mitigate the accelerated greenhouse effect[J]. Progress in Environmental Science, 1999, 1(4): 307-326.

[43] Interagency Working Group on Social Cost of Carbon, United States Government. Technical support document: Technical update of the social cost of carbon for regulatory impact analysis under executive order 12866[J/OL]. [2016-12-05]. https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-12/documents/sc_co2_tsd_august_2016.pdf.

[44] 王玉涛, 郭卫华, 刘建, 等. 昆嵛山自然保护区生态系统服务功能价值评估[J]. 生态学报, 2009, 29(1): 523-531. [Wang Yutao, Guo Weihua, Liu Jian, et al. Value of ecosystem services of Kunyu Mountain Natural Reserve[J]. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(1): 523-531.]

[45] 陈存根. 基于森林资源状态的森林生态系统服务功能评价[M]. 北京: 中国林业出版社, 2018: 13-18. [Chen Cungen. Evaluation of forest ecosystem services based on forest resources state[M]. Beijing: China Forestry Press, 2018: 13-18.]

[46] 王娇, 赵成峰, 李青. 新疆阿克苏地区生态价值评估——以种植-林果-生态林复合模式为例[J]. 林业经济, 2015, 37(12): 120-125, 133. [Wang Jiao, Zhao Chengfeng, Li Qing. Xinjiang Aksu region ecological value assessment: Taking the compound mode of planting-fruit-ecological forest for example[J]. Forestry Economics, 2015, 37(12): 120-125, 133.]

chinaXiv:202210.00163v1

ChinaXiv合作期刊

Assessing the ecological function value of fruit plantation in arid areas under a new pattern of harmonious coexistence between man and nature: A case of southern Xinjiang

JIANG Guirong[1,2], QIN Jianxiong[3]

(1. College of Economics, Southwest Minzu University, Chengdu 610041, Sichuan, China; 2. College of Economics and Management, Tarim University, Aral 843300, Xinjiang, China; 3. College of Tourism and History & Culture, Southwest Minzu University, Chengdu 610041, Sichuan, China)

Abstract: Quantitative evaluation of the ecological function value of fruit plantation in arid areas can help people, especially fruit growers, to fully understand the role and effects of fruit plantation in improving the local ecological environment. In addition to considering economic factors, more attention must be paid to ecological factors in order to achieve the synergistic benefits of environmental protection, economic development related to fruit cultivation and increased revenue for farmers. The research was conducted in southern Xinjiang, China. The research methodology consisted of the Shadow Project Method, reforestation cost method, opportunity cost method, and cost substitution method. The results showed: (1) Ecological function value of fruit plantation increased from $41.22\times10^{8}-45.11\times10^{8}$ CNY in 2003 to $110.86\times10^{8}-121.05\times10^{8}$ CNY in 2018. It reached a peak of 141.02×10^{8} CNY in 2010, but the overall environment value showed a downward trend with slight fluctuation. In terms of specific ecological function, the sequence, from high to low, was carbon fixation and oxygen release, protection of biodiversity, conservation of soil, water conservation, and air purification. Regionally, the ranking of states (except 2003) was also fixed. From high to low, it was Kashgar Prefecture, Aksu Prefecture, Bayingol Mongolian Autonomous Prefecture, Hotan Prefecture, and Kizilsu Kirgiz Autonomous Prefecture. Similar trends in development were observed in Kizilsu Kirgiz Autonomous Prefecture and Kashgar Prefectures, where the fluctuation range was large, and the development trend was the closest to the whole. Furthermore, Hotan Prefecture showed a steady increase of 11.10%. (2) Owing to the instability of the planting scale, the total ecological value of the fruit industry in southern Xinjiang fluctuated and showed a downward trend. It reached its highest level in 2010, followed by a downward trend. (3) In more arid and sandy areas, fruit planting can have profound, long-term effects on air purification and water conservation. Based on these findings, the government should publicize the ecological benefits of fruit planting and develop policies in support of the industry, including subsidies for fruit farmers. At the same time, considering the spatial proximity effect, all prefectures should make a unified and reasonable plan of fruit production layout.

Key words: fruit industry; ecological function value; arid area; southern Xinjiang

chinaXiv:202210.00163v1